



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 06 720 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
H 01 F 7/08
H 01 F 7/18
H 02 K 33/00
B 60 T 13/74

⑳ Aktenzeichen: 198 06 720.8
㉔ Anmeldetag: 18. 2. 98
㉕ Offenlegungstag: 13. 8. 98

DE 198 06 720 A 1

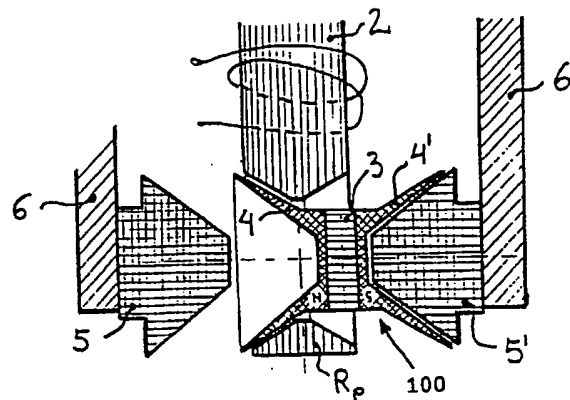
⑥⑥ Innere Priorität:
P 39 42 542. 8 22. 12. 89
⑦① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Lungu, Corneliu, 77830 Bühlertal, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Bistabiler Magnetantrieb mit permanentmagnetischem Hubanker

⑤⑦ Die Erfindung beschreibt einen bistabilen Magnetantrieb mit einem zusammengesetzten Hubanker (3, 4), der aus einem hochwertigen scheibenförmigen Permanentmagneten (3) mit zwei gezielt geformten Polstücken (4, 4') besteht, der sich an der Seite der Wicklung (1) quer zu deren Achse innerhalb eines ringförmigen elektromagnetischen Ringpols (R_p) zwischen zwei elektromagnetischen Anschlagpolen (5, 5') bewegen kann.
Ausführungs- und Applikationsbeispiele dieses Antriebes als Hub- und Schwingmagnet sowie eine Schaltung für den Gleichstrombetrieb werden beschrieben. Eine Kondensatorschaltung gestattet auch die monostabile Betriebsart.
Vorteile: leichter Hubanker, hoher Wirkungsgrad, beidseitige Wirkung, Vielseitigkeit, Einfachheit.



DE 198 06 720 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Magnetantrieb mit mindestens einem, in Bewegungsrichtung magnetisierten, aus einem Permanentmagneten mit zwei weichmagnetischen Polstücken bestehenden Hubanker, der entlang einer gemeinsamen Achse zwischen zwei elektromagnetischen, stets mit gleicher Polarität magnetisierbaren Außenpolen bewegbar ist und dabei axial innerhalb eines Durchbruches eines dritten, zwischen den Außenpolen befindlichen und diesen gegenüber stets mit gleicher magnetischer Polarität ansteuerbaren Elektromagnetpoles liegt, wobei dieser mittlere, mit Durchbrüchen versehene Ringpol und/oder die Außenpole aus einer auf einem weichmagnetischen Magnetkern gewickelten Wicklung herausragen.

Ein solcher Magnetantrieb ist aus der GB-PS 10 68 610 bekannt.

Dessen konstruktive Form mit einem Permanentmagneten, der länger ist als die Höhe des ihm gegenüber befindlichen Elektromagnetpoles bedingt die Gefahr einer Entmagnetisierung, auch angesichts der verwendeten Magnetwerkstoffe, und läßt aus diesem Grund keine nennenswerten Hublängen zu. Außerdem ist die Masse des Hubankers groß und die Effizienz dadurch geringer.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Magnetantriebe nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 mit einer hohen Leistungsfähigkeit bei geringer beweglicher Hubanker-masse bereitzustellen, die aufgrund der konstruktiven Gestaltung wirtschaftlich einsetzbar sind.

Die gestellte Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruches 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Der bistabile Charakter des beschriebenen Magnetantriebes gestattet, daß dieser mit kurzen Stromimpulsen betätigt wird. Die Impulse können z. B. durch die Aufladung und Entladung eines Kondensators oder einer induktiv-kapazitiven Wicklung, wie aus der Druckschrift WO 87/05 147 bekannt, entstehen.

Geeignete Schaltungen dieser Art mit Energiespeicherung gestatten es auch, daß dem Magnetantrieb monostabiles Verhalten verliehen wird.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1a-d den Magnetantrieb in vereinfachter Form mit dem Hubanker in verschiedenen Stellungen, bzw. den Verlauf der auf den Anker wirkenden Kräfte.

Fig. 2a-e Querschnitte durch den Ringpol (Teil des Wicklungskerns) samt Permanentmagneten, wobei die Schnittebene senkrecht zu der Ankerbewegungsrichtung ist

Fig. 3a-d verschiedene Schnitte in der Ebene der Hubachse, d. h. Querschnitte der Pol- und Ankerzone.

Fig. 4-10 Applikationsbeispiele der Erfindung, die verdeutlichen, in welcher Weise im Anker-Polraum angetriebene Arbeitsvorrichtungen mit minimalem Aufwand, möglichst ohne Zusatzteile integriert werden können.

Fig. 11 ein Schaltungsbeispiel zum Betreiben des Magnetantriebes als Schwingmagnet, gespeist von einer Gleichstromquelle.

Nach Fig. 1 hat der Magnetantrieb eine Wicklung 1, die über einen Magnetkern 2 gewickelt ist. Der Magnetkern 2 aus weichmagnetischem Material endet nach unten mit einer abgeflachten Zone, die einen Durchbruch aufweist und fortan als Ringpol (Rp) bezeichnet wird. Dieser ragt aus der Wicklung heraus und hat stets die magnetische Polarität der unteren Wicklungsseite. Innerhalb des Ringpols Rp ist ein Hubanker angeordnet, der waagrecht, also quer zur Wicklungsachse bewegbar ist. Der Hubanker besteht aus einem dünnen, meist scheibenförmigen, axialmagnetisierten Per-

manentmagneten 3, der sich zwischen 2 aus weichmagnetischem Material gefertigten Polstücken 4, 4' befindet, die stets die Polarität der Pole des Permanentmagneten 3 annehmen. Wie gezeichnet hat dann das Polstück 4 stets die Polarität N und das Polstück 4' immer die Polarität S.

Der Permanentmagnet 3 besteht aus einem hochwertigen Magnetwerkstoff wie z. B. SmCo oder FeNdB und muß im Sinne der Erfindung ein Energieprodukt BH_{max} von mindestens 100 kJ/m^3 aufweisen, bei einer Restinduktion B_r von mind. 0,7 T. Eine Verwendung minderwertiger permanentmagnetischer Werkstoffe würde zu wesentlich größeren Abmessungen und Gewichten des Hubankers führen bei geringerem Wirkungsgrad, von anderen Nachteilen ganz abgesehen. Dies könnte man durch die Notwendigkeit eines größeren Ringpols erklären, der zu mehr "Kurzschlußfeldlinien" zwischen den ebenfalls größeren Anschlagpolen bzw. dem Ringpol führte.

Der Hubanker 100 wirkt magnetisch mit dem Ringpol Rp und 2 weichmagnetischen Anschlagpolen 5, 5' zusammen, die stets die Polarität der oberen Seite der Wicklung aufweisen, d. h. wenn die Wicklung von Strom durchflossen ist, nehmen diese Pole 5, 5' eine dem Ringpol Rp entgegengesetzte Polarität an. Damit dies geschieht, ist der Magnetkreis von den Anschlagpolen 5, 5' zum oberen Ende des Magnetkerns 2 durch ein weichmagnetisches Rückschlußjoch 6 geschlossen.

Für das bessere Verständnis der Erfindung wird der Magnetkern 2 mit Ringpol Rp senkrecht schraffiert und der Permanentmagnet 3 waagerecht. Die Polstücke 4 werden kreuzschraffiert zu 45° dargestellt, die Anschlagpole 5 kreuzschraffiert in vertikalhorizontaler Richtung, und das Rückschlußjoch 6 erscheint mit einfacher Schraffierung zu 45° .

Teile, die magnetisch nicht wirksam sind, und folglich aus nichtmagnetischem Material bestehen, die z. B. in den Applikationszeichnungen auftauchen (als Teile einer Arbeitsvorrichtung), erscheinen im Querschnitt als punktierte Flächen oder schwarz fettgezeichnet.

Fig. 1a-c zeigen zum besseren Verständnis der magnetischen Vorgänge den Magnetantrieb mit dem Hubanker in 3 Stellungen:

links bzw. rechts in stabilen Anschlagstellungen und in der Mitte in einer labilen Übergangsstellung. Der Hubanker 100 kann sich zwischen den seitlichen Anschlagpolen 5, 5' bewegen. Die Entfernung zwischen den Anschlagpolen 5, 5' minus Ankerlänge stellt die Hublänge dar, die in Fig. 1d in vergrößertem Maßstab als Entfernung zwischen den linken und rechten Vertikalachsen erscheint. Auf diesen Achsen werden die Kräfte in den entsprechenden Anschlagstellungen als Höhenmaß eingetragen. Stellt man die Betätigungskraft als Höhenmaß oberhalb der waagerechten Abszisse dar, so kann man die Kennlinien der für die Antriebsfunktion maßgebenden Kräfte ermitteln.

Wird die Wicklung 1 von Strom durchflossen, (Fig. 1a) so entsteht an dem Ringpol Rp des Magnetkerns 2 die Polarität S und oberhalb der Wicklung 1 die Polarität N, die auf die seitlichen Anschlagpole 5, 5' übertragen wird.

Der Hubanker 100 bewegt sich nach rechts und entwickelt der Stromstärke entsprechend eine hubabhängige Kraft, die den Verlauf der Kennlinie AK-r in Fig. 1d hat (gestrichelt). Diese Kraft setzt sich aus 4 Teilkräften f_1 - f_4 zusammen, die zwischen den elektromagnetischen Polen (Ringpol Rp und Anschlagpole 5, 5') und den permanentmagnetischen Polen 4, 4' entstehen. Diese Kräfte, erkennbar in Fig. 2b, sind:

f_1 = Anzugskraft zwischen dem rechten Anschlagpol 5' (N) und dem Polstück 4' (S).

f_2 = Abstoßkraft zwischen dem Polstück 4' (S) des Magnetankers und dem Ringpol Rp (S).

f_3 = Anzugskraft zwischen dem Polstück 4 (N) und dem Ringpol Rp (S).

f_4 = Abstoßkraft zwischen dem linken Anschlagpol 5 (N) und dem Polstück 4 (N).

Die Komplexität der Kräftebildung (hier vereinfacht dargestellt) erschwert einerseits eine rechnerische Auslegung des Magnetantriebes, gibt jedoch die Möglichkeit, durch entsprechende konstruktive Gestaltung aller Polstücke den Verlauf dieser Kräfte der angestrebten Anwendung anzupassen, wie in der weiteren Beschreibung deutlich wird.

Ändert man die Stromflußrichtung, so ändert sich die Polarität des Ringpols Rp bzw. der Anschlagpole 5, 5' und damit die Richtung und der Charakter der mit f_1 – f_4 bezeichneten Kräfte. Statt Anzugkräfte entstehen jetzt Abstoßkräfte und umgekehrt. Aus der rechten Anschlagstellung (Fig. 1c) bewegt sich der Hubanker 100 nach links. Die Betätigungskraft hat einen Verlauf der Kennlinie AK-l entsprechend. Die Betätigungskräfte AK-l und AK-r haben einen Verlauf, der von Strom, Hubstellung und Bewegungsgeschwindigkeit abhängig ist.

Wenn der Strom unterbrochen wird, bleibt der Hubanker 100 in der zuletzt erreichten Endstellung und haftet am jeweiligen Anschlagpol 5 oder 5' mit einer Kraft, die durch Feldlinien des Permanentmagneten 3 hervorgerufen wird. Diese Kraft setzt sich hauptsächlich aus 2 Teilkräften (s. Fig. 1c) zusammen:

h_1 die zwischen dem Anschlagpol 5' und dem Polstück 4' des Hubankers 100 entsteht und

h_2 die zwischen dem Polstück 4 und dem Ringpol Rp entsteht.

Ausgehend vom Nordpol des Permanentmagneten 3 schließt sich der Magnetkreis über dem Polstück 4, dem Ringpol Rp, Magnetkern 2, Rückschlußjoch 6, Anschlagpol 5, Polstück 4 und zurück zum Permanentmagneten 3.

Diese Kraft mit einem Höchstwert H_m bei geschlossenem Luftspalt zwischen Anschlagpol 5'-Polstück 4' und Polstück 4-Ringpol Rp nimmt rapide ab, wenn man diese Luftspalte vergrößert, was einer Verschiebung des Hubankers nach links entspricht, und zwar einer Kennlinie nach, die etwa dem Verlauf HK-r folgt. Das gleiche gilt für die linksseitige Stellung des Hubankers, wobei die Haltekraft einen Verlauf der Kennlinie HK-l hat. Der Magnetkreis schließt sich diesmal über die linke Hälfte des Rückschlußjoches 6.

Der beschriebene Magnetantrieb ist vielseitig einsetzbar, weil er gestattet, hohe Kräfte in beide Richtungen zu entwickeln, wobei der Energieverbrauch (impulsartig) extrem gering ist. Die kleine Masse des Magnetankers erlaubt es, diesen Antrieb als Schwingmagneten einzusetzen (z. B.) für Pumpen, Rasierapparate, ...), wobei die Ansteuerung mit Wechselstrom erfolgt. Bei Gleichstrombetrieb kann der Magnetantrieb bei Erreichen der Endstellungen die Stromrichtungsumkehr selbst steuern, am einfachsten über Kontakte. Die Anordnung des Hubankers an der Seite der Wicklung gestattet es, diesen direkt mit der Arbeitsvorrichtung (Kontakte, Pumpen oder Ventilelemente, Arbeitszylinder, Kuppelungsscheiben, ...) zu verbinden und kompakte Funktionseinheiten zu bauen. Bei Schwingantrieben wird das Aufheizen der seitlich gelegenen Arbeitsvorrichtung vermieden. Die Gestaltung der magnetisch und mechanisch relevanten Teile und deren Ausführung (einteilig oder mehrteilig) geschieht nach Kriterien, die den Vorrang der magnetischen Gegebenheiten berücksichtigen, um bestimmte Kennlinienverläufe zu erreichen. Dies muß jedoch die mechanisch-technologischen Einzelheiten des Anwendungsfalles berücksichtigen, was meistens zu einer magnetisch gesehen ungünstigen Teilung des Magnetkreises führt. Die Ausführungsbeispiele der Erfindung zeigen, wie ein Optimum unter diesen gegensätzlichen Voraussetzungen erreicht wird. Der

Magnetkern 2, das Rückschlußjoch 6 und die Anschlagpole 5 werden aus weichmagnetischem Material mit ausreichender Permeabilität hergestellt, wofür i. a. die üblichen Stahlsorten gut geeignet sind. Bei Schwingmagneten oder Antrieben mit hoher Reaktionsgeschwindigkeit empfiehlt sich eine gebaute Ausführung oder die Verwendung von siliciumhaltigem weichmagnetischem Stahl, der eine schlechtere elektrische Leitfähigkeit hat.

Fig. 2 zeigt senkrecht zur Bewegungsrichtung des Hubankers 100 Querschnitte durch den Ringpolbereich des Magnetkerns 2, wobei in Fig. 2e ein Magnetkern 2 mit drei Ringpolzonen (Rp 1–3) gezeigt wird, der einem Antrieb mit drei Hubankern entspricht. Es ist ersichtlich, daß die Form der Durchbrüche der Form des Permanentmagneten 3 bzw. der der Polstücke 4 entspricht, so daß unter Berücksichtigung technologisch bedingter Luftspalte eine möglichst verlustarme Übertragung der Magnetfeldlinien zwischen Hubanker 100 und Ringpol Rp stattfindet.

Die Höhe des Ringpols Rp und der Querschnittsverlauf in Bewegungsrichtung des Hubankers sind so gewählt wie in Fig. 3-d dargestellt, um den Übergang der Feldlinien zu optimieren. Die dem Hubanker 100 zugewandten Ringpolflächen sind entsprechend der Hubankerform flach und zylindrisch (Fig. 3a), können auch wie in Fig. 3b abgebildet teils schräg verlaufen, wenn dies der Form der Außenflächen der Polstücke 4, 4' entspricht. Die Polstücke 4, 4' werden aus weichmagnetischem Material hergestellt und stehen in Kontakt mit dem Permanentmagneten 3, sind also verlängerte Magnetpole und können durch zweckmäßige Anpassung außerdem mechanisch funktionelle Aufgaben als Kolben, Ventiltglied usw. erfüllen. Die Polstücke 4, 4' aus preiswertem, leicht bearbeitbarem Stahl ergänzen den Hubanker 100 und gestatten einerseits, daß der Permanentmagnet 3 einfach und klein bleibt, andererseits, daß der Abstand zwischen Ringpol Rp und Anschlagpolen 5, 5' groß gehalten wird, um einen direkten Feldlinienschuß zwischen den elektromagnetischen Polen (Rp, 5, 5') zu verhindern. Die im Polbereich verbreiterte (Fig. 3a) oder trichterförmige (Fig. 3b) Gestaltung der Polstücke 4, 4' beabsichtigt einerseits, daß diese in möglichst hohem Umfang den direkten Feldlinienschuß zwischen den Elektromagnetpolen (Rp, 5, 5') verhindert, andererseits, daß die wirksame Polfläche größer wird, um Luftspaltverluste zu reduzieren.

Angesichts funktionell- wirtschaftlicher Überlegungen ist es nicht immer möglich, den Antrieb magnetisch zu optimieren, es können daher zum Teil magnetisch ungünstigere Polstückformen gewählt werden wie z. B. in Fig. 3c gezeigt.

Um auf der linken Seite den Hubankerdurchmesser klein zu halten, wurde hier ein zylindrisches Polstück 4 gewählt, das eine trichterförmige Vertiefung hat. Dadurch wird das Polstück leichter und die dem Anschlagpol 5 zugewandte Fläche größer.

Das Polstück 4' hat eine dem Anschlagpol 5' zugewandte große, zu der Bewegungsrichtung senkrecht stehende Polfläche, die eine optimale Kraftentwicklung zuläßt.

Wo es mehr auf Einfachheit ankommt als auf die Optimierung des Wirkungsgrades, können Polstückformen 4', 4 wie in Fig. 3d (zylindrisch) gewählt werden, die bei Bedarf durch unterschiedliche Längen unterschiedliche Kennlinienverläufe bei Links- und Rechtsbetätigung zulassen. Für die Gestaltung der den Luftspalten zugewandten Polflächen gelten die in der Magnettechnik bekannten Kenntnisse wie z. B.:

– Größere ebene Polflächen wie in Fig. 3a führen in der Regel bei gleichem Hub zu höheren Anfangskräften, also flacheren Kennlinien AK (Fig. 1d) und höheren Wirkungsgraden.

- Die Polflächenvergrößerung durch kegelförmige Gestaltung wie in Fig. 3b gestattet bei gleicher Anfangskraft größere Hublängen, verringern aber die Kräfte zum Hubende, bringt also sehr flache Kennlinien.

Je nach Antriebszweck können verschiedene Polstückformen und Abmessungen gewählt werden, die nord- bzw. südseitig (4, 4') unterschiedlich sein können.

Fig. 3b zeigt eine gewichts- und wirkungsgradoptimierte Gestaltung der Polflächen. Die Polstücke 4, 4' sind auf der Innen- bzw. Außenseite besonders großflächig bei geringer Wandstärke, d. h. geringem Gewicht und gestatten durch die Schräge verhältnismäßig große Hübe mit leicht ansteigender Kennlinie.

Eine solche Bauform, wie die in Fig. 3a auch, empfiehlt sich für den Antrieb von Pumpen und Kompressoren, Verriegelungsvorrichtungen, Schwingscheren, Schütze, Schieberventile oder als Proportionalmagnet. Die Anschlagpole 5, 5' haben eine Form, die der Form der Polstücke 4, 4' angepaßt ist, wie aus Fig. 3 ersichtlich, und werden coaxial zur Achse des Hubankers 100 angeordnet. Da Anschlagpole 5, 5' und Rückschlußjoch 6 ähnliche magnetische Eigenschaften haben, ist es u. U. möglich, daß die ersteren als angeformte Verlängerung des Rückschlußjoches 6 gebildet sind. Für die gute Funktion des Magnetantriebes ist eine möglichst genaue Positionierung der Elektromagnetpole wie Ringpol Rp und Anschlagpole 5, 5' notwendig. Diese Positionierung kann mit Hilfe eines nichtmagnetischen (z. B. aus Kunststoff, oder unter Druck gegossene Metallegierung) Befestigungskörpers 10, der am Magnetkern 2 unmittelbar hinter dem Ringpol Rp befestigt ist und die kürzeste mechanische Brücke zwischen dem Ringpol Rp und den Anschlagpolen 5, 5' bildet, erfolgen (siehe Applikationsbeisp. ab Fig. 4). Die Anschlagpole 5, 5' sind an diesem Befestigungskörper 10 angebracht, der auch eine Gleitfunktionsfunktion für den Hubanker 100 oder als Träger der übrigen Teile einer Arbeitsvorrichtung dient. Der Befestigungskörper 10 kann also unabhängig von den magnetischen Gegebenheiten zweckgebunden, also "kundenspezifisch" gestaltet werden wie die Applikationsbeispiele zeigen. Dieser Befestigungskörper gestattet es, daß das Rückschlußjoch 6 und die Wicklung 1 ohne Auseinandernehmen des Magnetpolbereiches abmontiert werden können, was oft erwünscht ist. Der Wicklungskörper der Wicklung 1 kann auch als Verlängerung des Befestigungskörpers 10 gestaltet werden.

Wenn man die Fig. 1b betrachtet und die Tendenz eines jeden Magneten berücksichtigt, sich an weichmagnetische Teile anzuziehen und an diesen zu haften, ergibt sich die Notwendigkeit einer mechanischen Führung des Hubankers 100, weil dieser sonst kippen und am Ringpol reiben würde (gestrichelt gezeichnet), was einer normalen Funktion im Wege steht. Üblich ist bei Magnetantrieben eine Führung des Hubankers über eine dünne Schub- bzw. Hubstange, die hier durch den Permanentmagneten 3, die Polstücke 4, 4' und die Anschlagpole 5, 5' verlaufen würde. Als Material kämen Edelstahl (nicht magnetisch) oder andere teure Legierungen in Frage. Der Magnet 3 müßte eine Bohrung haben, ist dadurch wesentlich teurer und hat weniger Querschnittsfläche. Solche Nachteile lassen sich vermeiden, wenn der Hubanker 100 samt Polstücken 4, 4' in einer Führungshülse 7 am Außenumfang befestigt wird, was eine Durchbohrung des Permanentmagneten 3 vermeidet. Diese Hülse 7 kann sich über die Hubankerlänge hinaus erstrecken und gleitet einer Gleitlagerung ähnlich über die Anschlagpole 5, 5' (Fig. 3d), an deren Umfang nur wenig Feldlinien aus diesen Polen austreten. Mit Hilfe dieser Führung wird eine Gleitreibung im Inneren des Ringpols vermieden, wo

als Folge des Magnetfeldüberganges sich magnetische Partikel ansammeln könnten. Mittels dieser im Verhältnis zum Durchmesser langen Hülse, die aus nichtmagnetischem Material (Metall oder Kunststoff) besteht, wird ein Kippen des Hubankers verhindert. Die Hülse 7 kann Elemente einer Arbeitsvorrichtung tragen oder gegenüber den Anschlagpolen 5, 5', wie ein beweglicher Zylinder dichtend wirken, wobei der Anschlagpol als stehender Kolben gilt. Je nach Anwendungsfall kann die Hülse 7 ein- oder mehrteilig und der anzutreibenden Vorrichtung angepaßt sein. Die Fig. 4 u. 5 zeigen insbesondere Ausgestaltungen des Bereiches Hubanker-Ringpol-Anschlagpole, die für unterschiedliche Anwendungen geeignet sind. Fig. 4 zeigt einen Magnetantrieb entsprechend Fig. 3c, an dem mechanische Elemente einer Kolbenpumpe angebracht sind. Um den Anschlagpol 5 wurde ein Befestigungskörper 10 angebracht, der für das Polstück 4 als Kompressionszylinder dient. Um diesen Zweck zu erfüllen trägt das Polstück 4 eine Dichtlippe 8. Der Anschlagpol 5 dient als Zylinderboden für den Hubraum 9 und kann strömungsführende Bohrungen o, o' aufweisen, an denen Ventile (nicht gezeichnet) angebracht werden können. Das Polstück 4' weist eine Bohrung auf, die eine nichtmagnetische Druckfeder 13 aufnimmt, deren Zweck es ist, die während der Bewegungen des Hubankers nach rechts entwickelte Hubarbeit teilweise zu speichern und diese (Kompressionsarbeit) als Nutzkraft zurückzugeben. Diese Bauform mit einseitiger Federkraftunterstützung ist einfach und eignet sich für mittlere Drücke bzw. Hübe.

Fig. 5 zeigt ein Anwendungsbeispiel des Antriebes nach Fig. 3b als beidseitig wirkende Pumpe für geringeren Druck und größere Strömungsmengen. Der besonders leichte Hubanker 100 trägt am Rande der trichterförmigen Polstücke 4, 4' Dichtlippen 11, die z. B. aus einer PTFE-Mischung bestehen. Diese dienen gleichzeitig als Führungen in dem Befestigungskörper-Kompressionszylinder 10, der sich über die Anschlagpole 5, 5' erstreckt, die den Zylinder 10 abschließen, wobei Strömungsöffnungen o. ggf. mit Ventilen je nach Bedarf in den Anschlagpolen 5, 5' oder in den Zylinderwänden oder den Polstücken 4, 4' untergebracht werden können.

Fig. 6 zeigt einen Querschnitt durch einen Magnetantrieb mit 2 Hubankern, die an beiden Seiten der Wicklung untergebracht sind, wobei der Magnetkern 2 zwei Ringpolzonen, ähnlich wie in Fig. 2e gezeigt, hat. Der Einfachheit halber ist hier nur eine mittige Bohrung im unteren Teil des Ringpols Rp gezeichnet. Das Rückschlußjoch 6 erstreckt sich jetzt über die unteren 5, 5' und oberen 5₁, 5₁' Anschlagpole und verbindet diese über eine weichmagnetische Jochstrecke mit möglichst niedriger Reluktanz. Für die Klarheit der zeichnerischen Darstellung ist das Jochstück, das die seitlichen Anschlagpole 5, 5' und 5₁, 5₁' magnetisch miteinander verbindet, unten gezeichnet, in der Praxis ist es jedoch günstiger, dieses seitlich der Wicklung unterzubringen. Der obere Hubanker 100 ist gegenüber dem unteren entgegengesetzt magnetisiert, also mit dem Südpol nach links. Ein Steuerimpuls ausreichender Stärke (angesichts der 2 Luftspalten zwischen den Anschlagpolen 5, 5₁ und den Polstücken 4, 4₁), der am oberen Ringpol Rp die Polarität S und am unteren die Polarität N hervorruft, wird dazu führen, daß beide Hubanker sich nach links bis zum Anschlag mit den Anschlagpolen 5, 5₁ bewegen. Die Steuerung nach rechts erfolgt mit einem Impuls entgegengesetzter Polarität. Falls der obere Hubanker mit einem stärkeren Magneten 3₁ ausgestattet ist, kann die Bewegung des unteren Hubankers 100 in der entgegengesetzten Stellung auch durch die mechanische Verschiebung des oberen Hubankers 100 in der gleichen Richtung erfolgen. Die zur Einleitung der Bewegung geeignete Polarität der unteren Anschlagpole 5, 5', wie auf S. 3 u. 4 beschrieben, wird dann vom oberen Hubanker vorgegeben.

Ein Magnetkreis dieser Art kann vielfältig genutzt werden z. B.:

- als Magnetantrieb mit 2 Arbeitsankern
- als Magnetantrieb mit einem unsichtbaren, z. B. in einer Ventilkammer eingeschlossenen Arbeitsanker, wobei der zweite Hubanker eine Stellungsanzeige betätigt
- als Magnetantrieb mit mehreren räumlich getrennten Hubankern, manueller Notbetätigung und Stellungsanzeige, wobei der stärker dimensionierte, der Handbetätigung zugängliche Hubanker mit Stellungsanzeigefunktion das magnetische Feld für die Bewegung der übrigen Arbeitsanker anstelle der Wicklung liefern kann.

Fig. 7 zeigt einen Magnetkreis ähnlich wie in Fig. 6 mit 2 Hubankern 100 und 100₁, die hier in der gleichen Richtung (mit den N-Polen nach links) magnetisiert sind, und der dem oben beschriebenen in der Funktion gleich ist jedoch mit dem Unterschied, daß bei elektrischer Steuerung die Hubanker sich in entgegengesetzten Richtungen bewegen.

Wie in Fig. 2e angedeutet besteht die Möglichkeit, mehrere Hubanker 100 an der gleichen Seite der Wicklung 1 unterzubringen, die sich parallel zueinander bewegen und die in der gleichen Richtung oder entgegengesetzt magnetisiert sind. Bei gleichgerichteter Polarität verhalten sich magnetisch gesehen zwei benachbarte Hubanker wie ein einziger, können sich jedoch in getrennten Räumen oder Medien z. B. in Flüssigkeiten bewegen. Fig. 8 zeigt einen Querschnitt durch die Hubankerpolzonen eines für Magnetventile angepassten Magnetantriebes mit 2 benachbarten, in entgegengesetzter Richtung magnetisierten Hubankern, der die Schnittebene A, A' in Fig. 2e entspräche. Die Hubanker mit dem Permanentmagneten 3 (unten) bzw. 3₁ (oben) und den Polstücken 4, 4' und 4₁, 4₁' haben Ventilkegel 14, die in die Polstücke eingelassen sind. Die Anschlagpole 5, 5' und 5₁, 5₁' haben gegenüber den Polstücken 4, 4' und 4₁, 4₁' Polfortsätze mit Druckleitungen P, P₁ und Entleerungsleitungen R, S, die von den Ventilkegeln 14 je nach Stellung der Hubanker 100 und 100₁ wechselweise abgesperrt werden können. Die Anschlagpole 5, 5' und 5₁, 5₁' können auch mehrteilig ausgeführt werden und haben eine gute magnetische Verbindung zum Rückschlußjoch 6. Die Hubanker 100 und 100₁ sind in Führungshülsen 7, 7₁ eingefast, die über die Fortsätze der Anschlagpole 5, 5', 5₁, 5₁' gleiten und Öffnungen o aufweisen, durch die eine Fluidströmung (mit Pfeilen gezeichnet) in die Ventilkammern 15, 15₁ gelangen kann. Die Hubanker 100 und 100₁ samt Führungshülsen 7, 7₁ und Ventilkegel 14 dienen hier als Ventillieder und bewegen sich innerhalb der 2 Durchbrüche des Ringpols Rp. Die Ventilkammern 15, 15₁, die zwischen den Anschlagpolen 5, 5', 5₁, 5₁' und um die Ventillieder herum aufgebaut sind, haben nichtmagnetische, dichte Druckkammerwände 10, z. B. aus Metall, Epoxdharz oder Kunststoff, die auch als Befestigungskörper dienen. Diese trennen die die Ventillieder umgebenden Räume voneinander ab und sind mit Leitungen verbunden, die z. B. zu einem doppelt wirkenden Pneumatikzylinder 17 führen.

Wenn die Strömungsleitungen P, P₁ des Anschlagpols 5 bzw. 5₁ mit einer Druckluftquelle verbunden sind (die Entleerungsleitungen R, S münden in der Atmosphäre), gerät die Druckluft über die Öffnungen o des oberen Ventilliedes, über die Ventilkammer 15₁, den Arbeitsanschluß B und die Rohrleitungen bis oberhalb des Kolbens des Pneumatikzylinders 17 und drückt diesen nach unten. Der Raum unterhalb des Kolbens ist mit der Atmosphäre über die untere Strömungsleitung verbunden.

Wird nun das Ventil geschaltet, so ändern beide Hubanker-Ventillieder des Magnetventils nahezu gleichzeitig ihre Stellung; es werden also die Strömungsleitungen P und S geöffnet, und die bisher geöffneten Strömungswege P₁ und R werden verschlossen. Die Druckluft gerät über dem Arbeitsanschluß A unter den Kolben des Pneumatikzylinders 17, und dieser bewegt sich nach oben, da die Druckkammer oberhalb des Kolbens sich in die Atmosphäre über den Strömungsweg S entladen kann. Das beschriebene Applikationsbeispiel zeigt also den einfachen Bau einer mit einer einzigen Wicklung steuerbaren Einheit aus zwei 3/2 Wegeventilen (3 Wege, 2 Schaltstellungen), die die Funktion eines 5/2 Ventils ausüben, z. B. zur Betätigung beidseitig wirkenden Pneumatikzylinder.

Je nach Bedarf gestattet der Magnetantrieb auch die Realisierung anderer Kombinationen von einzelnen oder mehreren 3/2 Wegeventilen mit oder ohne Stellungsanzeige des Ventilliedes oder Notbetätigung von Hand. Dies ergibt sich bei Betrachtung des Applikationsbeispiels nach Fig. 8 i. Vgl. zu Fig. 2e. Es ist im Prinzip möglich, um jede einen Hubanker aufnehmende Ringpolbohrung Rp eine Ventilkammer aufzubauen. Der Hubanker 100 bekommt eine Führungshülse 7 und Ventilkegel 14 und wird so zum Schließglied. Dieses kann Strömungswege sperren, die in die Anschlagpole eingebracht sind.

Falls solche Anordnungen funktionelle Vorteile bieten, kann man also 1, 2, oder mehrere 3/2 Wegeventile auf der einen oder auf beiden Seiten der Wicklung anbringen, vgl. Fig. 2e.

Fig. 9 zeigt ein Applikationsbeispiel der Erfindung als Schieberventil, das sich durch eine extrem geringe Ventilschiebermasse auszeichnet. Der Hubanker 100 dient als Ventilschieber, wobei eine sich über die Polstücke 4, 4' erstreckende, nicht magnetische Hülse 7 die Teile 3, 4 und 4' zusammenhält und entsprechend bearbeitet als Teil des Ventilschiebers dient. Wie bei üblichen Schieberventilen kann der Ventilschieber Druckleitungen P mit Arbeitsleitungen A, B verbinden oder diese letzteren mit Entleerungsleitungen R, S verbinden. Diese Leitungen sind hier in einem Befestigungskörper-Ventilblock 10 eingearbeitet. Er besteht z. B. aus nichtmagnetischem Stahl und nimmt die Ringpolzone Rp des Magnetkerns 2 auf, die beispielsweise durch Hartlötungen eingelassen ist. Der Ventilblock 10 samt Ringpol kann dann mit der notwendigen Präzision innen und außen bearbeitet werden. Die waagrechte Bohrung, in die der Ventilschieber frei mit geringst möglichem Spiel gleiten kann, wird seitlich von den Anschlagpolen 5, 5' geschlossen, die entsprechend der Frontseite der Polstücke 4, 4' kegelförmig ausgebildet sind, um dem Magnetantrieb eine Kennlinie mit möglichst konstanter Kraft zu verleihen.

Wenn an der Leitung P eine (Öl-) Druckquelle und an den Arbeitsleitungen A und B ein Arbeitszylinder angeschlossen werden, kann, wie unter Fig. 8 beschrieben, mit Hilfe dieses Ventils die Bewegung des Kolbens gesteuert werden.

Die Bewegung des Ventilschiebers nach rechts führt dazu, daß die Verbindungen zwischen den Leitungen P und A bzw. B und S unterbrochen werden. Dabei werden die Strömungsverbindungen P-B und A-R hergestellt.

Sollten z. B. für Hochdruckhydraulik höhere Kräfte am Ventilschieber nötig sein, so kann ein größerer Magnetantrieb außerhalb des Magnetankers liegende, im Durchmesser kleinere Ventilschieber bewegen. Diese könnten z. B. innerhalb der entsprechend gestalteten Anschlagpole 5, 5' arbeiten.

Fig. 10 zeigt ein Applikationsbeispiel der Erfindung als Kupplungs-Bremseinheit, wobei die koaxialen Teile wie Anschlagpole 5, 5' und Hubanker 100 zu einem drehbaren Antriebsstrang gehören. Der Hubanker 100 ist in einer ge-

genüber den Anschlagpolen 5, 5' drehbaren Hülse 7 eingefast, die sich über diese mit zylindrischen Fortsätzen erstreckt, welche als Lagerungen dienen. Auf der rechten Seite trägt die Hülse 7 eine Reibscheibe 19 mit möglichst niedrigem Massenträgheitsmoment. Diese Scheibe kann wie gezeichnet von einer Kupplungsscheibe 20 angetrieben werden, die mit dem als Drehwelle wirkenden Anschlagpol 5' gemeinsam rotiert. Die Bewegung der Antriebswelle 5' wird also in der gezeichneten Stellung des Hubankers 100 über die Scheiben 20 und 19 auf die Hülse 7 bzw. auf den Hubanker 100 übertragen. Die Drehbewegung kann weiterhin axial von einer nichtmagnetischen Abtriebswelle 21 übernommen werden, die im Polstück 4 verdrehfest einrastet. Die Drehbewegung kann alternativ z. B. über eine an der Hülse 7 befestigten Zahnriemenscheibe 22 mit Zahnriemen 23, statt der Abtriebswelle 21 übertragen werden.

Wenn eine Bremsung der Abtriebswelle beabsichtigt ist, so wird der Hubanker 100 samt Hülse 7, Abtriebs Elemente 21, 22 und Reibscheibe 19 nach links bewegt bis diese letzte in Kontakt mit der Bremsscheibe 24 zum Stillstand kommt. Die Magnetfeldlinien vom Rückschlußjoch 6 werden im Anschlagpol-Drehwelle 5' z. B. über die Lagerschale 25 eingeleitet, die in einem solchen Fall aus weichmagnetischem, porösem Sinterstahl besteht.

Aufgrund der zu beiden Endstellungen hin ansteigenden Magnetkraft und hoher Haltekräfte eignet sich der Antrieb besonders gut für den Einsatz bei Relais und Schütze, wo höhere Kontaktdruckkräfte erwünscht sind. Die Kennlinie des Magnetantriebes (Fig. 1d) ist der der Betätigungskräfte eines Umschaltkontaktes sehr ähnlich. Ein kompaktes Schaltgerät entsteht durch Anbringen von Kontakten oder Kontaktblöcken in der Nähe des Hubankers 100 eines Antriebes wie in Fig. 3a oder Fig. 3d.

Die Kontakte bzw. Kontaktlamellen können direkt von der Hubankerhülse 7 betätigt werden, die zweckmäßigerweise aus Kunststoff hergestellt ist und seitliche Antriebsfortsätze wie den Betätigungskamm eines Kammrelais hat.

Der Magnetantrieb kann auch als Schwingmagnet eingesetzt werden, wobei der Hubanker 100 nur kurzzeitig die Anschlagstellungen erreicht, d. h. er kommt in Kontakt oder in die Nähe der Anschlagpole 5, 5'. Eine Schwingantriebsfunktion kann bei der Versorgung der Wicklung mit Wechselstrom oder mit rechteckigen, trapez- oder sägezahnförmigen Impulsen wechselseitiger Polarität erreicht werden. Die Auslösung solcher Impulse läßt sich zweckmäßig in Abhängigkeit von der Stellung des Hubankers 100 steuern. Dies geschieht am einfachsten über Endlagekontakte wie z. B. in Fig. 11 in Verbindung mit einer Kondensatorimpulsschaltung dargestellt. Der bewegliche Wechselkontakt des bistabilen Schalters 26 ist mit dem Anfang der Wicklung 1 verbunden und kann von der Betätigungsstange 27 vom seitlichen Pluskontakt (rechts) auf den Minuskontakt (nach links) umgeschaltet werden. Auf der mit Gewinde versehenen Betätigungsstange 27 befinden sich zwei Einstellmutter 28, mit deren Hilfe die Schaltepunkte des Schalters 26 genau justiert werden können. Bewegt sich der Hubanker 100 nach links, so verschiebt dieser die mit dem Polstück 4 verbundene Betätigungsstange 27 des Umschalters nach links. Die rechte Einstellmutter 28' bewegt die Umschaltlamelle des Umschalters 26 nach links (von + nach -) erst wenn die linke Anschlagstellung des Hubankers 100 am Anschlagpol 5 beinahe erreicht ist. Die Umschaltung in die Ursprungsstellung (von - nach +) geschieht kurz vor Erreichen der rechten Stellung des Hubankers 100 am Anschlagpol 5' mit Hilfe der Einstellmutter 28.

Der Hubanker 100 samt Umschalter 26 befindet sich in der gezeichneten Stellung rechts. Wenn der Steuerschalter 29 geschlossen wird, gerät die Wicklung 1 unter Strom, der die Flußrichtung vom Umschaltkontakt 26 zum Kondensator 30 hat. Dieser Strom bewirkt die Bewegung des Hubankers 100 nach links und lädt gleichzeitig den Kondensator 30. Der Stromimpuls endet, wenn der Hubanker den linken Anschlagpol 5 nahezu erreicht hat, also wenn der Umschalter 26 auf die linke Stellung (-) springt. Zu diesem Zeitpunkt ist der Kondensator 30 geladen oder nahezu geladen, so daß die Öffnung des rechten Kontaktes (+) fast stromlos erfolgt. Die Schließung des linken (-) Kontaktes bewirkt jetzt, daß der Strom vom Plus des Kondensators 30 zum Umschaltkontakt fließt, also in umgekehrter Richtung. Der Kondensator entlädt sich, und der Hubanker 100 kehrt zur Ausgangsstellung zurück. Kurz vor Erreichen des rechten Anschlagpols 5' schaltet der Umschalter 26 wieder auf den Pluskontakt, und der beschriebene Bewegungszyklus wiederholt sich; es stellt sich also ein Schwingbetrieb des Hubankers ein. Der Stromverbrauch bei dieser Betriebsart ist besonders gering, weil die Energie in nur einer Bewegungsrichtung aus der Batterie 31 entnommen wird. Die Lebensdauer der Kontakte ist hoch, weil deren Öffnung nahezu stromlos (mit geringer Funkenbildung) erfolgt. Statt einer Kombination Kondensator 30 plus Wicklung 1 kann bei diesem Magnetantrieb eine energiespeichernde, induktivkapazitive Wicklung wie erwähnt eingesetzt werden.

Wenn der Umschalter 26 von außen gesteuert ist, lassen sich mit Hilfe dieser Lade-Entladeschaltung auch einzelne Betätigungsvorgänge realisieren.

Eine Aufbereitung der Betätigungsimpulse mit anderen bekannten Mitteln (Kreuzschalter, Wicklung mit Mittenanzapfung usw.) ist jederzeit möglich, jedoch meistens komplizierter.

Statt des mechanischen Umschalters 26 (Fig. 11) können auch berührungslose Sensoren wie Näherungsschalter, Hallsonden, Lichtschranken, usw. eingesetzt werden, die eine elektronische Impulsaufbereitung steuern. Das Erreichen der Endstellungen des Hubankers 100 an den Anschlagpolen 5, 5' läßt sich auch mit Hilfe einer oder mehrerer Zusatzwicklungen ermitteln und zur Steuerimpulsaufbereitung verarbeiten. Beim Erreichen einer Anschlagstellung erfolgt im Magnetkreis (Magnetkern 2, Rückschlußjoch 6 und Anschlagpole 5, 5') eine starke Magnetfeldänderung, die in einer Wicklung, die einen dieser Teile umringt, einen charakteristischen Spannungsanstieg hoher Steilheit verursacht, der zur Auslösung der Umschaltimpulse herangezogen werden kann.

Die aufgeführten Ausführungsbeispiele dienen lediglich dazu, konkrete Hinweise für mögliche konstruktive Gestaltungen zu geben. Der Fachmann kann sich z. B. entscheiden, anstelle der Ausführungen mit Kolben auch Membran- oder Rollmembranpumpen zu bauen. Er kann zwischen die Polstücke 4, 4' und die Anschlagpole 5, 5' nichtmagnetische Abstandhalter vorsehen (z. B. elastische Platten für die Geräuschreduzierung).

Wie in Fig. 1d gezeigt, wo am Anschlagpol 5 eine Luftspaltplatte mit der Stärke 1 als vorhanden angenommen wird, reduzieren solche Abstandhalter durch Hubbegrenzung sowohl den u. U. unnötig steilen Anstieg der Anzugskräfte AK-I als auch die Haltekraft HK-I. Falls gegen die Kraft AK-I z. B. eine Federkraft (FK, s. Kennlinie) wirkt, die die nun reduzierte Haltekraft HK_x der Feder überwindet, so wird in stromlosem Zustand der Wicklung der Hubanker 100 nach rechts zurückgedrängt. Das Verhalten des Magnetantriebes wird also auf mechanische Weise zum monostabi-

len modifiziert.

Das monostabile Verhalten ist oft erwünscht, und es läßt sich unter Beibehaltung aller Vorteile des Antriebes über eine gezielte Steuerung einer Schaltung mit kapazitiver Energiespeicherung wie in Fig. 11 erreichen. In diesem Fall sollte der Umschalter 26 monostabil sein und nicht mehr vom Hubanker betätigt werden, sondern extern durch Anlegen einer Spannung z. B. an die Relaiswicklung 32 (mit den Anschlüssen gestrichelt gezeichnet). Vor Anlegen der Spannung über den Schalter 29 befindet sich der Umschalter 26 in der linken Stellung (bei -). Beim Anlegen der Spannung wird die Relaiswicklung erregt, und der Umschalter 26 wechselt auf die rechte Seite (bei +). Die Wicklung 1 wird unter Strom gesetzt und der Hubanker 100 bewegt sich nach links, wobei der Kondensator 30 sich lädt und unter Spannung bleibt. Wird der Schalter 29 geöffnet, so fällt der Umschalter 26 in die Ursprungsstellung (nach links bei -) zurück, und der Kondensator 30 entlädt sich über die Wicklung 1, was zur Folge hat, daß der Hubanker sich in die Ursprungsstellung (nach rechts) zurückbewegt.

Das Anlegen/Wegnehmen der Spannung mit Hilfe des Schalters 29 steuert den Antrieb in monostabiler Betriebsweise, wobei die Wicklung 1 nur kurzzeitig, extrem energiesparend unter Strom steht. Ähnliche Schaltungen lassen sich auch, wie in der Relaisstechnik bekannt, mit elektronischen Mitteln durchführen. Die Erfindung gestattet also mit geringem mechanischen Aufwand die Realisierung einer breiten Palette von elektromechanischen Produkten, wobei wesentliche Vorteile wie Energieeinsparung, geringes Hubankergewicht, Steuerbarkeit in zwei Richtungen, Änderung des Antriebsverhaltens durch gezielte Beschaltung, kleine Abmessungen usw. in den Vordergrund treten.

Patentansprüche

1. Magnetantrieb mit mindestens einem, in Bewegungsrichtung magnetisierten, aus einem scheibenförmigen Permanentmagneten mit zwei weichmagnetischen Polstücken bestehenden Hubanker, der entlang einer gemeinsamen Achse zwischen zwei elektromagnetischen, stets mit gleicher Polarität magnetisierbaren Anschlagpolen bewegbar ist und dabei axial innerhalb eines Durchbruches eines dritten, zwischen den Außenpolen befindlichen und diesen gegenüber stets mit gegensätzlicher magnetischer Polarität ansteuerbaren Elektromagnetpoles liegt, wobei dieser mittlere, mit Durchbrüchen versehene Ringpol (Rp) und/oder die Außenpole (5, 5') aus einer auf einem weichmagnetischen Magnetkern (2) gewickelten Wicklung (1) herausragen, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zwischen zwei weichmagnetischen Polstücken (4, 4') befindliche Permanentmagnet (3) des Hubankers (100) aus einem Material hergestellt ist, das eine minimale Restinduktion B_r von 0,7 T hat, bei einem Energieprodukt BH_{max} , das mindestens 100 kJ/m^3 erreicht, wobei die Dicke des scheibenförmigen Permanentmagneten (3) höchstens so groß wie die Hälfte seines Durchmessers ist.
2. Magnetantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß je nach Zweck des Antriebes die weichmagnetischen Polstücke (4, 4') des Hubankers (100) gleiche oder unterschiedliche Abmessungen haben und daß die Form dieser Polstücke (4, 4') auf den den Anschlagpolen (5, 5') zugewandten Frontseiten der Form dieser Anschlagpole (5, 5') angepaßt ist, wobei die Form dieser gleichen Polstücke (4, 4') auf der dem Ringpol (Rp) zugewandten Seite der Form des gegenüberliegenden Umfanges des jeweiligen Durchbruches

im Ringpol (Rp) entspricht, so daß die Reluktanz der magnetischen Strecken zwischen den permanentmagnetischen Polen (4, 4') und den elektromagnetischen Anschlagpolen (5, 5') bzw. des Ringpoles (Rp) möglichst niedrig ist und durch die Formgebung der magnetischen Pole (4, 4'; 5, 5') und (Rp) ein direkter magnetischer Schluß zwischen den Anschlagpolen (5, 5') und dem Ringpol (Rp) möglichst unterbunden wird.

3. Magnetantrieb nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eines oder beide der Polstücke (4, 4') sich radial über den Umfang des Permanentmagneten (3) hinaus in den Raum zwischen den Anschlagpolen (5, 5') und dem Ringpol (Rp) erstrecken.

4. Magnetantrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Form der Polstücke (4) und/oder (4') entsprechend der Form der Anschlagpole (5, 5') bzw. des Ringpoles (Rp) kegelförmig ist.

5. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet (3) und/oder die Polstücke (4, 4') in einer dünnen, nichtmagnetischen Hülse (7) eingefaßt sind.

6. Magnetantrieb nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülse (7) sich mit geringem Spiel über zylindrische Fortsätze der Anschlagpole (5, 5') erstreckt.

7. Magnetantrieb nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die nichtmagnetische Hülse (7) als Teil einer an den Magnetantrieb gekoppelten Arbeitsvorrichtung ausgebildet ist.

8. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit mindestens einer angetriebenen Arbeitsvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsvorrichtung in unmittelbarer Nähe des Polbereiches (4, 4'; 5, 5') und (Rp) untergebracht ist, so daß diese zusammen mit dem Magnetantrieb eine funktionelle Einheit bildet.

9. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß es mindestens 2 Hubanker (100, 100₁) hat, die innerhalb entsprechender ringpolartiger Durchbrüche (Rp), die sich auf einer oder beiden Seiten des Magnetkerns (2) befinden, bewegbar angeordnet sind und sich zwischen in Bewegungsrichtung angebrachten Anschlagpolen (5, 5'; 5₁, 5₁') mit Hilfe einer einzigen Wicklung (1) und/oder durch äußeren Krafteinfluß bewegt werden können.

10. Magnetantrieb nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß einer der Hubanker (100, 100₁) zur Stellungsanzeige und/oder Handbetätigung der übrigen Hubanker dient.

11. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur gegenseitigen mechanischen Positionierung der magnetisch relevanten Stücke wie Anschlagpole (5, 5'; 5₁, 5₁') Magnetkern (2), Rückschlußjoch (6) sowie zur Positionierung übriger, zur Arbeitsvorrichtung gehörender Teile ein am Ringpol (Rp) befestigter, nichtmagnetischer Körper (10) von einer dem Antriebszweck angepaßten Gestaltung angebracht ist, der auf mechanisch kurzem Wege eine kraftschlüssige Verbindung zwischen diesen Teilen im nahen Magnetpolbereich realisiert.

12. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere nichtbewegliche magnetische Teile (Rp, 2, 6, 5, 5', 5₁, 5₁') aus gestapelten weichmagnetischen Blechen gefertigt sind.

13. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung (1) gleich-

zeitig induktiv und kapazitiv ist.

14. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß im polnahen Raum zwischen Anschlagpolen (5, 5'; 5₁, 5₁') und/oder dem Ringpol (Rp) einerseits und dem Hubanker (100, 100₁) mit oder ohne Führungshülse (7) andererseits Federn zur Hubarbeitsspeicherung untergebracht sind.

15. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß es zwischen den Polstücken (4, 4'; 4₁, 4₁') und den Anschlagpolen (5, 5'; 5₁, 5₁') oder dem Ringpol (Rp) nichtmagnetische Anschlagstücke gibt.

16. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 15, für eine Verdrängerpumpe, dadurch gekennzeichnet, daß es zwischen Anschlagpol (5) und Ringpol (Rp) einen als Kompressionszylinder ausgebildeten Befestigungskörper (10) hat, in dem der Hubanker (100) mit Hilfe eines am Polstück (4) angebrachten Dichtungselementes (8) als Verdrängerkolben wirkt und daß das andere Polstück (4') eine Feder (13) zur Hubarbeitsspeicherung aufnimmt.

17. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 15, für eine doppelt wirkende Verdrängerpumpe, dadurch gekennzeichnet, daß es zwischen den Anschlagpolen (5, 5') und dem Ringpol (Rp) zwei aus dem Befestigungskörper (10) ausgebildete Zylinder hat, in denen die mit Dichtungselementen (11) versehenen Polstücke (4, 4') des Hubankers (100) als Verdrängerkolben wirken.

18. Magnetantriebe nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle von Kolbendichtungselementen Verdrängerbausteine wie Membrane oder Bälge eingesetzt werden.

19. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 15, für Sitzventile, dadurch gekennzeichnet, daß er mindestens eine Ventilkammer (15, 15₁) hat, die um einen Ringpol (Rp) zwischen den Anschlagpolen (5, 5'; 5₁, 5₁') gegenüber der Umgebung dicht aufgebaut ist, und daß in diese Ventilkammer verschiedene Druckanschlüsse münden, wobei die in die Anschlagpole (5, 5'; 5₁, 5₁') eingebrachten Anschlüsse mit Hilfe von Ventilelementen (14) absperrbar sind und wobei diese Ventilelemente (14) in den Polstücken (4, 4'; 4₁, 4₁'), der als Ventilielien dienenden Hubanker (100, 100₁) untergebracht sind, wobei die Hubanker (100, 100₁) in einer über Fortsätze der Anschlagpole (5, 5'; 5₁, 5₁') gleitenden nichtmagnetischen Führungshülse (7, 7₁) eingefafit sind, und mit Strömungsöffnungen (o) versehen ist, die eine ungehinderte Strömung zwischen der Ventilkammer (15, 15₁) und den vom Ventilielien (100, 100₁, 7, 14) absperrbaren nach außen führenden Anschlüssen (P, R, S) gestatten, wobei die Wände der Ventilkammer (15, 15₁) durch die Ausformung des Befestigungskörpers (10) entstehen.

20. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 15 für Schieberventile, dadurch gekennzeichnet, daß ein nichtmagnetischer Befestigungskörper (10) vorhanden ist, der den Ringpol (Rp) aufnimmt und wie ein Ventilblock mit Strömungsleitungen (P, A, B, R, S) ausgebildet ist, wo dich mindestens ein als Ventilschieber dienender Hubanker (100) bewegt, in dessen Polstücken (4, 4') Aussparungen für die Strömungssteuerung eingearbeitet sind.

21. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 15 für Schieberventile, dadurch gekennzeichnet, daß der Hubanker (100) mindestens einen Ventilschieber antreibt, der in einem mit Strömungsleitungen versehenen Ventilblock wirkt, der in einen Anschlagpol (5)

eingearbeitet ist.

22. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 15 für mechanische Kupplungen und/oder Bremsen, dadurch gekennzeichnet, daß der Hubanker (100) und mindestens ein Anschlagpol (5) rotierende Teile eines Antriebsstranges sind, die zusammenschaltbare, drehmomentübertragende Scheiben (19, 20) haben, wobei die Scheibe (19) gemeinsam mit der Hülse (7) des Hubankers (100) axial verschiebbar ist, so daß sie in schlupffreien Kontakt mit der rotierenden Scheibe (20) oder mit einer feststehenden Bremsscheibe (24) gebracht werden kann und daß am Hubanker (100) Elemente (21, 22) zur Übertragung der Drehbewegung befestigt sind.

23. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 15, für elektrische Schaltapparate, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülse (7) des Hubankers (100) Fortsätze zum Antrieb von beweglichen Kontakten hat.

24. Magnetantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 15 und 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Befestigungskörper (10) als Aufnahmekörper für elektrische Kontakte oder Kontaktblöcke dient.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

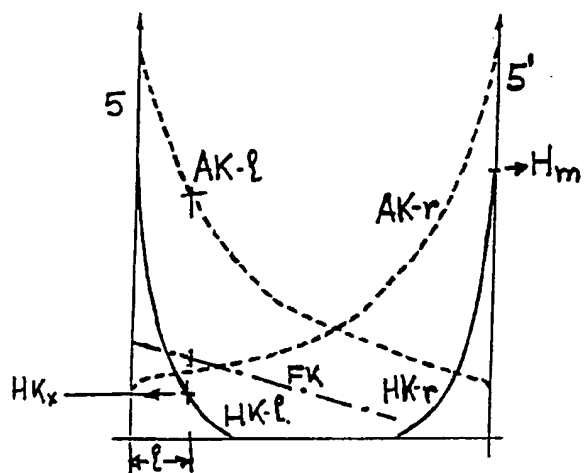
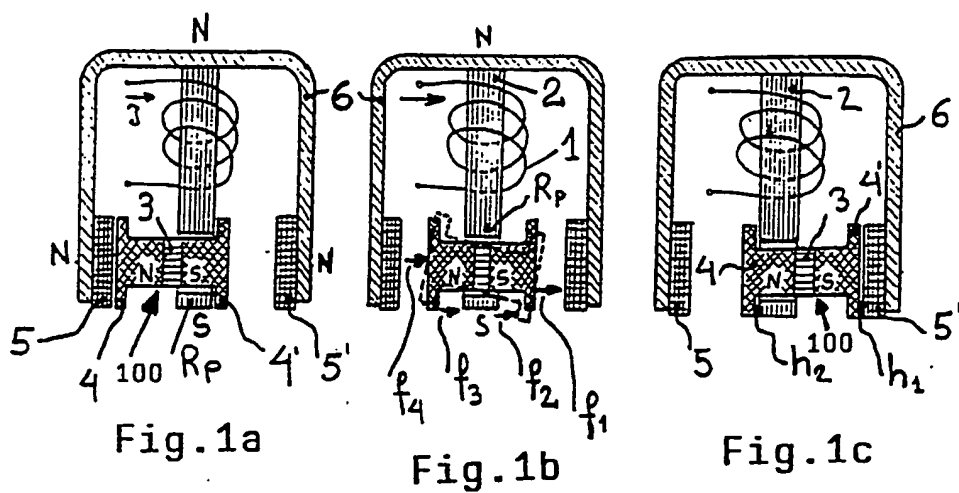
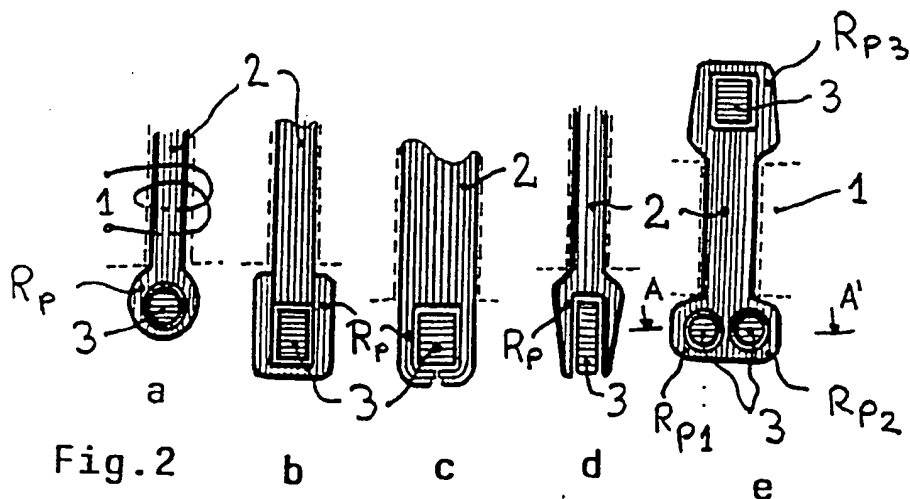


Fig. 1d



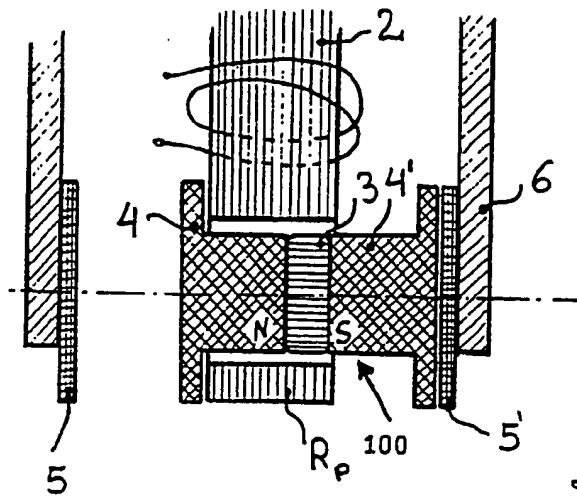


Fig. 3a

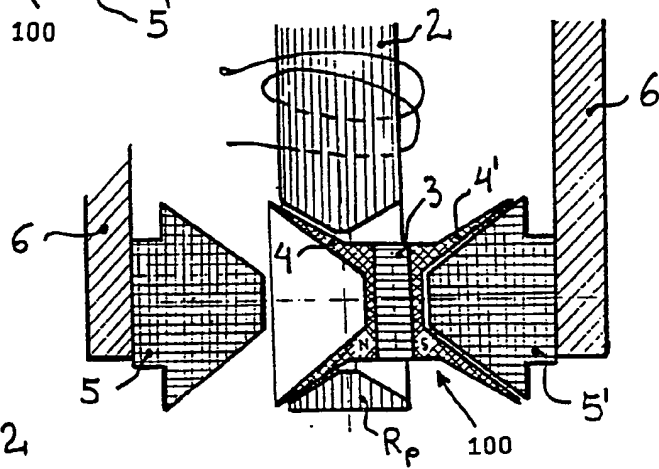


Fig. 3b

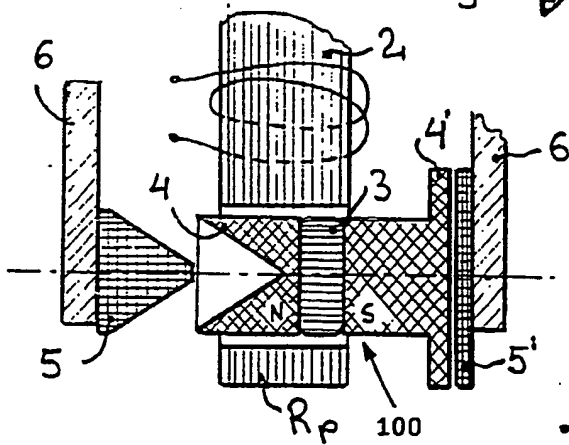


Fig. 3c

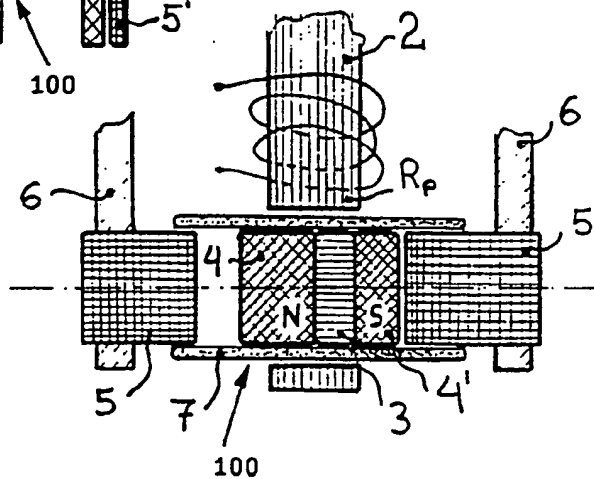


Fig. 3d

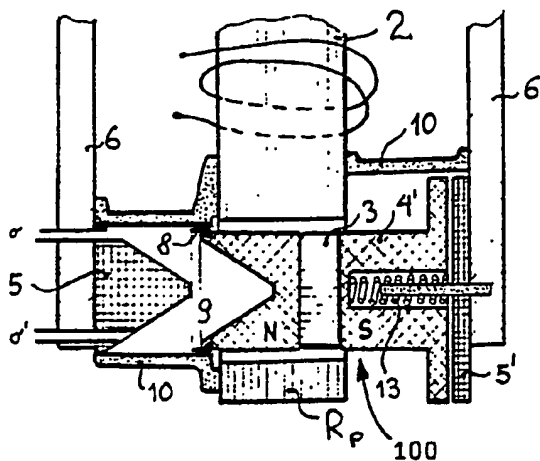


Fig. 4

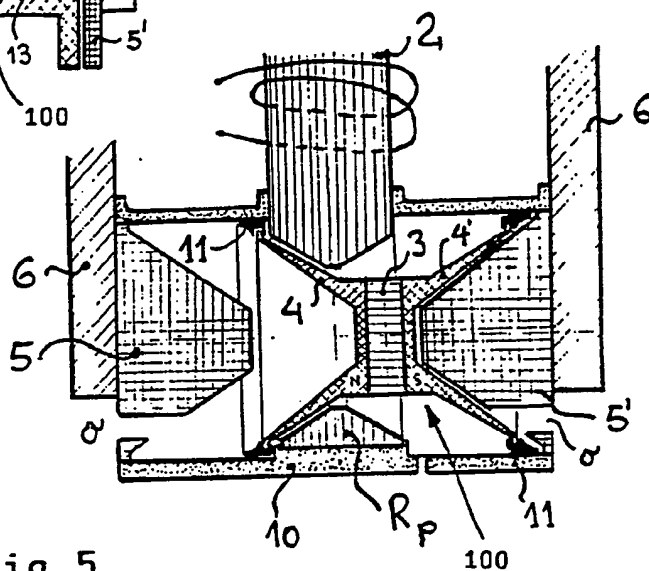


Fig. 5

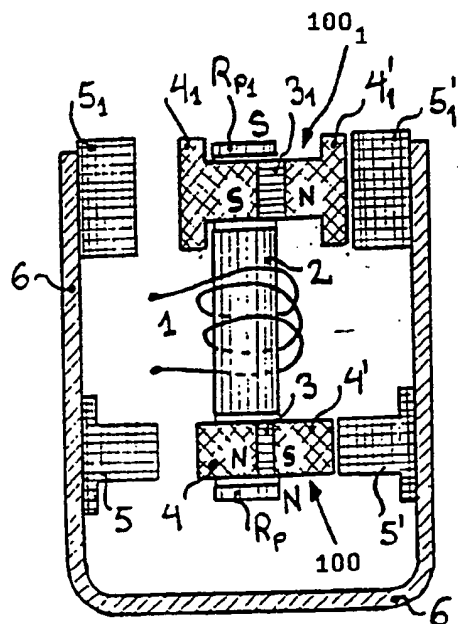


Fig. 6

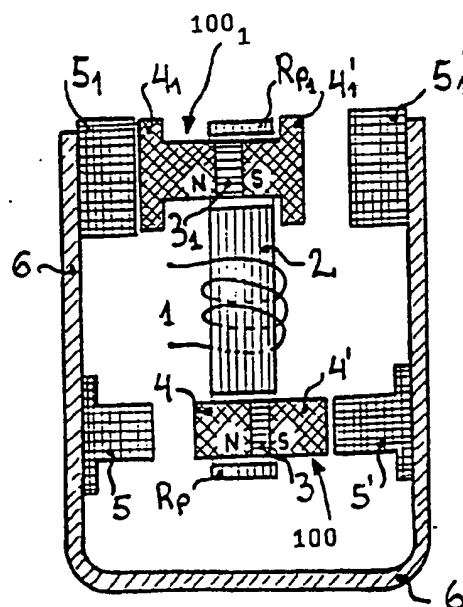


Fig. 7

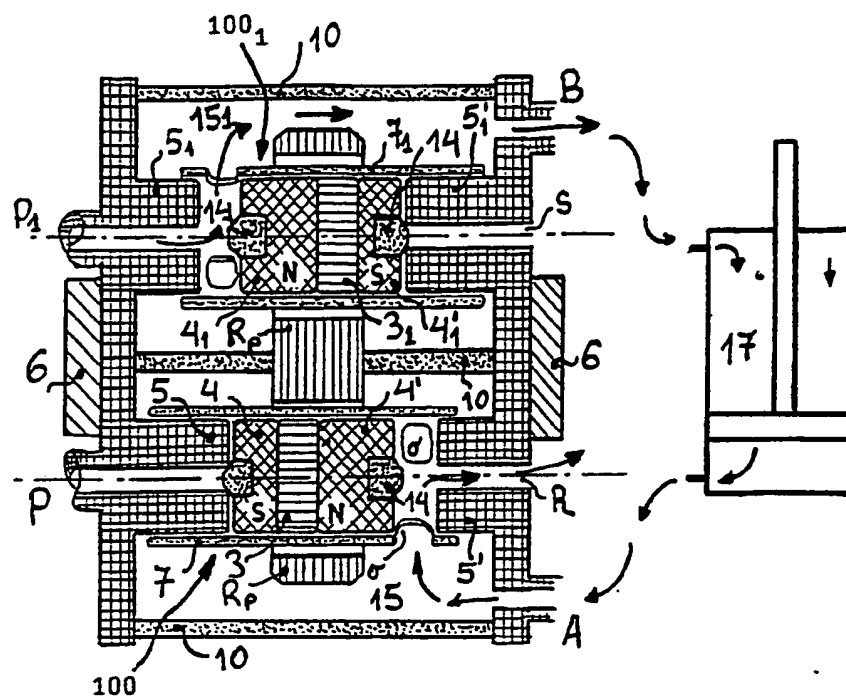


Fig.8

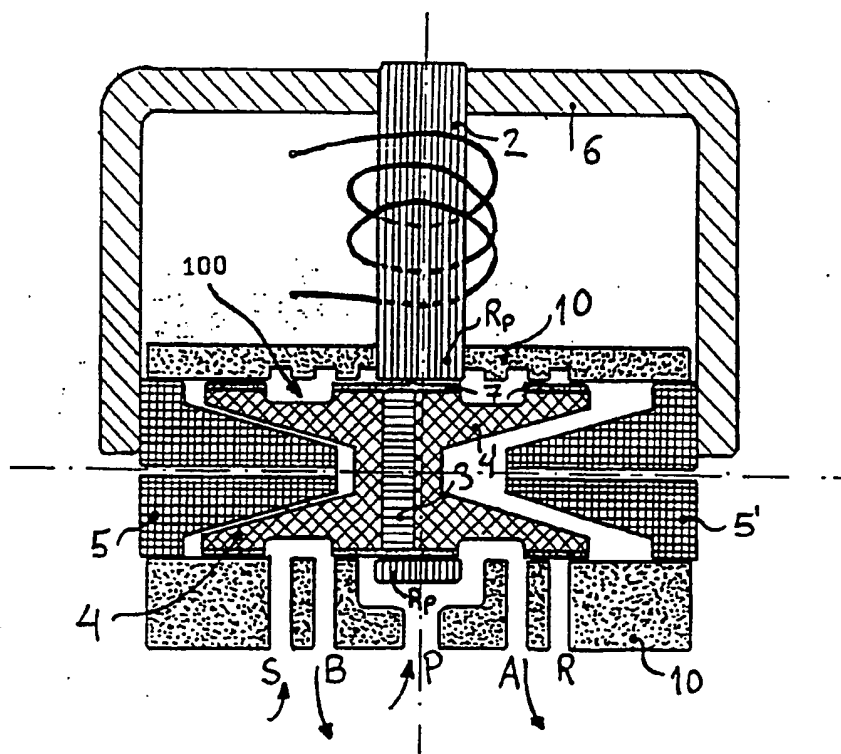


Fig. 9

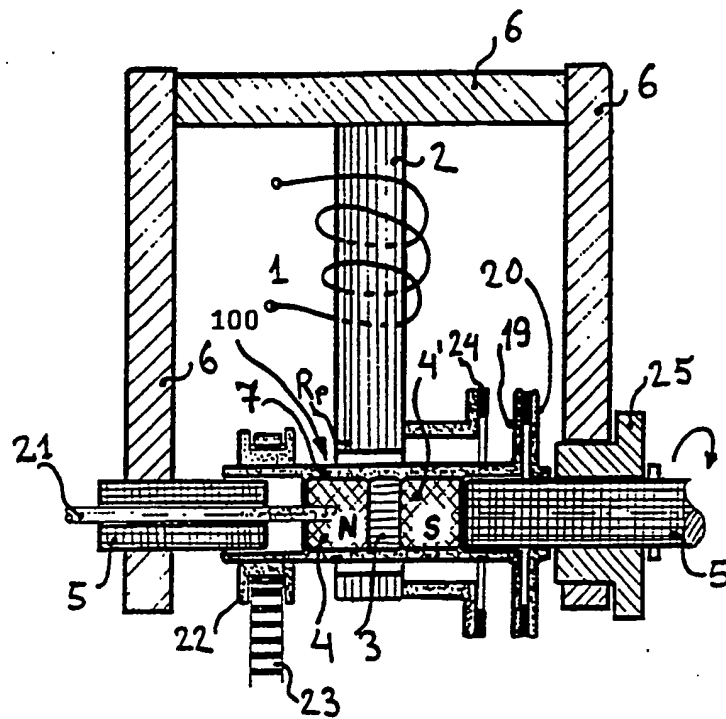


Fig. 10

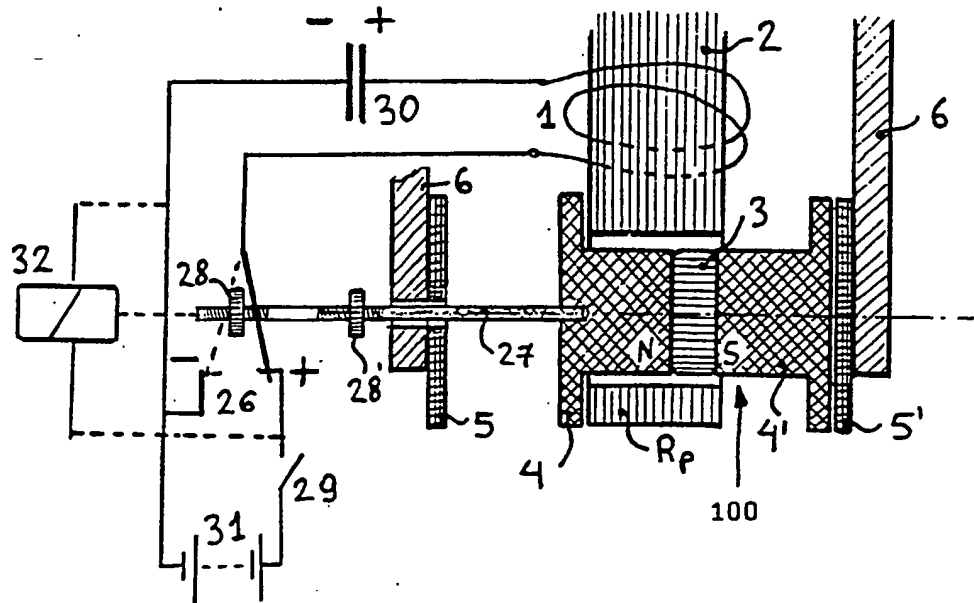


Fig. 11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.